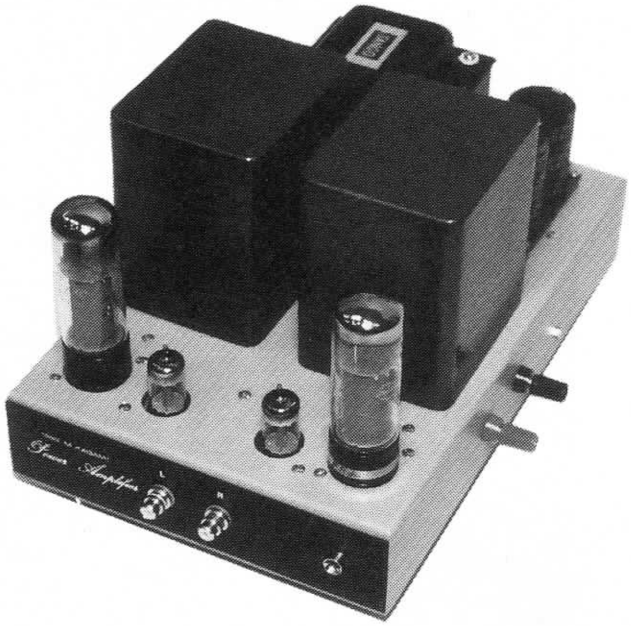
自作コンテスト／小出力パワーアンプ部門・入賞作品

初段にオペアンプを採用した超3極管接続方式

6CA7ハイブリッドシングルパワーアンプ

加々美 稔　Kagami Minoru



今回のコンテストに参加した6CA7シングルアンプは，MJ誌上で上條信一氏が発表された「超3極管接続」方式から，バージョン3を踏襲し設計した．前段はオペアンプとトランジスター，帰還用3極管によるハイブリッド構成とし，出力管に直結した．回路がシンプルにまとまり調整もいたって簡単だが，超高域の位相補正などデリケートな面もある．半導体を使った直結アンプで心配な温度特性による電流のドリフトはほとんど無視できるレベルで，安定性の高いアンプに仕上がっている．

超3極管接続方式

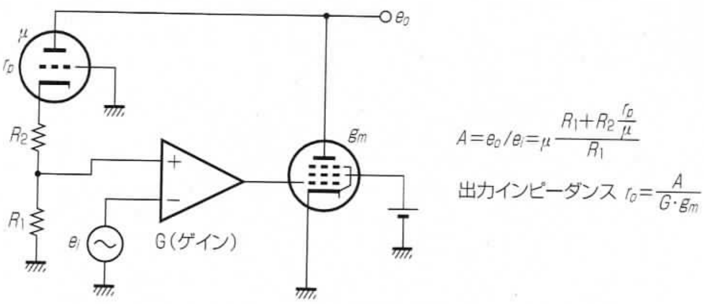
超3極管接続（超3結）方式を開発された上條信一氏によるコンセプトの解説，各種バージョンの解説と製作記事が，本誌'91年5月号から間欠的に数回掲載されているので，理論的な解析などはバックナンバーをご参照いただきたい．

なお，超3結方式の概念を私の理解の範囲でご紹介してみると，「効率の良い多極出力管のP-G帰還に3極管を入れ，出力管を超低インピーダンスな3極管特性としてOPTをドライブする．これにより2次側からのオーバーオールNFBを使わずに高特性をめざす」となる．

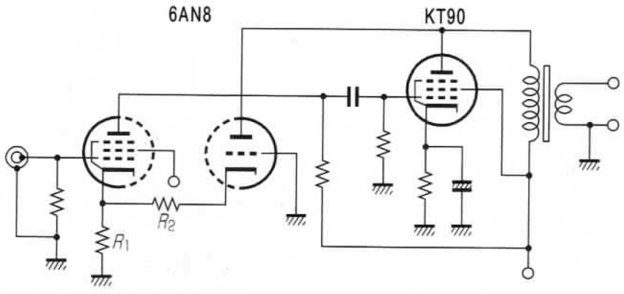
真空管アンプの回路は長い歴史の中でいくつかの定型ができ，連綿と引き継がれているが，超3結方式などの新しい優れた回路も発表されるようになったので，今後の発展のため，積極的に採り入れられることを願っている．

設計の発想

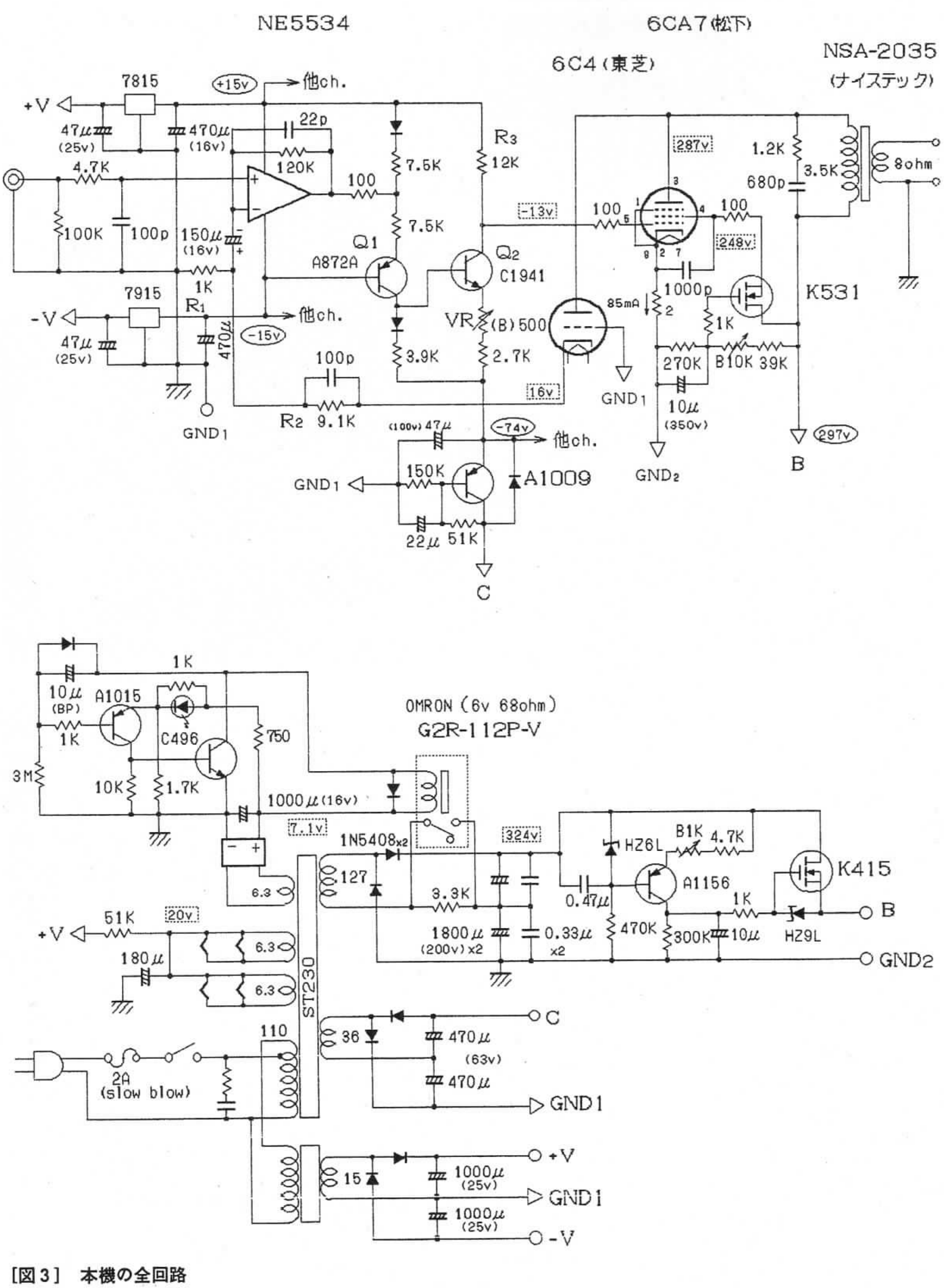
本アンプで踏襲した超3結バージョン3のブロックダイヤグラムを**図1**に示す．図のように，3極管のカソード出力を固定抵抗で適度に分割して前段アンプの正相入力に帰還し，前段を含めてゲイン



［図1］ 上條信一氏による超3結バージョン3の基本構成（本誌'92年10月号）



［図2］ 超3結バージョン3による製作例（本誌'93年2月号）



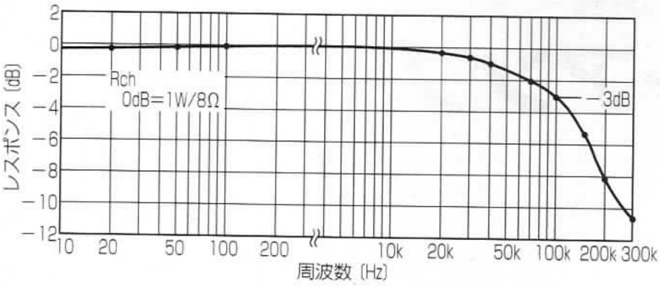
[図3]　本機の全回路

の大きな超3結回路としたものだ．

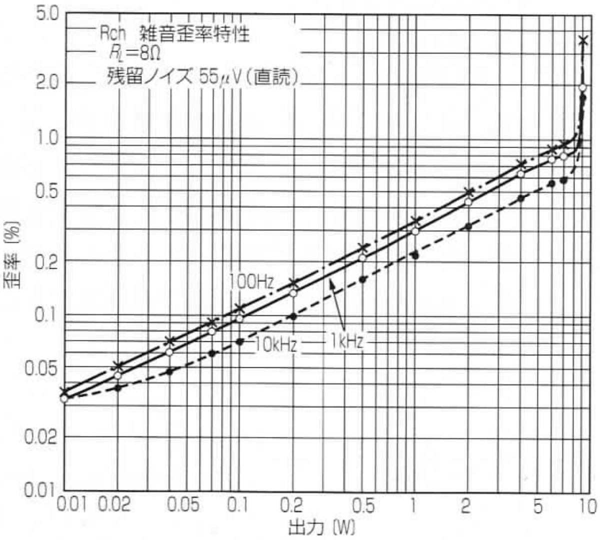
図2の製作例では，前段アンプに5極管を使用しCR結合でドライブしているが，前段のゲインを高めるのに苦心されたのがうかがえた．そこで，初段にオペアンプを使ってはどうかという発想から，いろいろと回路を考えて試作した結果，本アンプに到達した．

回路の設計

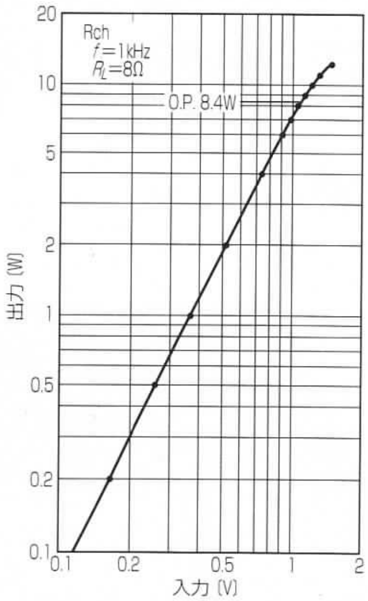
全回路を**図3**に示す．オペアンプ **NE5534** の最大出力振幅は電源が ±15V の場合に ±13.5V で，出力管の励振には不足する．そこでもう1段の増幅が必要だ．また，出力のオフセットがゼロなので，直結にするには動作点を出力管グリッドのバイアス電位にシフトする必要がある．



［図4］ 周波数特性



［図6］ 雑音歪率特性



［図5］ 入出力特性

抗で済むうえ，プリント基板を使用したので圧倒的な小スペース，省電力化が実現した．

基板にはガラスエポキシ板を使い，部品のリード線ギリギリの穴(0.8〜1.0mm)をあけて押し込み，裏で結線する．基板からの引き出し線などには3種類の太さの端子を使った．この方法は長年使っているが，穴あけ用ドリルが細いのでボール盤が必要となる．

入出力端子は回路の直近に設けることで，内部の引き回しを最短とした(**写真3**)．

調整と諸特性

オペアンプと出力管をはずして，Q_2エミッターに入れた可変抵抗VR 500ΩでR_3の一端(出力管グリッド側）の電圧をやや深めのマイナス電圧に決める．次に，動作状態で出力管のカソード電流と出力波形を見ながら，VRで動作点を決定する．温度変化による電流のドリフトはほとんどない．

裸ゲインが大きく帰還量も多いので，超高域の位相補正が必要となる．負帰還用抵抗9.1kΩに抱かせるC 100pFは，はじめから入れておかないと超高域でフルスイングの発振に至るだろう．10kHz方形波の観測による調整も必須で，省くことはできない．

周波数特性と入出力特性を**図4，5**に示す．残留ノイズはRchが55μV，Lchが45μV(入力ショート，直読）と充分低い値となった．歪率特性は低ノイズのご利益もあり，まっすぐ素直な特性となった(**図6**)．

ダンピングファクターは6.2(1kHz，出力3V，負荷8Ω）である．この値は，回路の設計の項でも述べたが，OPT 1次コイルの直流抵抗125Ωが影響するので，この辺が限度のようだ．

終わりに

本回路は2年前に考えたが，参考例もなく，設計に見落としがないかと不安だったが，試作アンプがうまくまとまったときは「やったー！」という気分になった．現在，このハイブリッド方式で超3結バージョン3・プッシュプルを考え試作を準備中だが，はたして「2匹目のどじょう」がつかまるか？

上條信一氏には，発表された内容を使わせていただきましたが，誌上を借りてお礼申し上げます．